

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-101164

(P2000-101164A)

(43)公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51)Int.Cl.⁷
H 01 L 43/08
G 01 R 33/09
G 11 B 5/39
H 01 F 10/32

識別記号

F I
H 01 L 43/08
G 11 B 5/39
H 01 F 10/08
G 01 R 33/06

テマコード(参考)
Z 2 G 01 7
5 D 0 3 4
A 5 E 0 4 9
R

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平10-264464

(22)出願日 平成10年9月18日(1998.9.18)

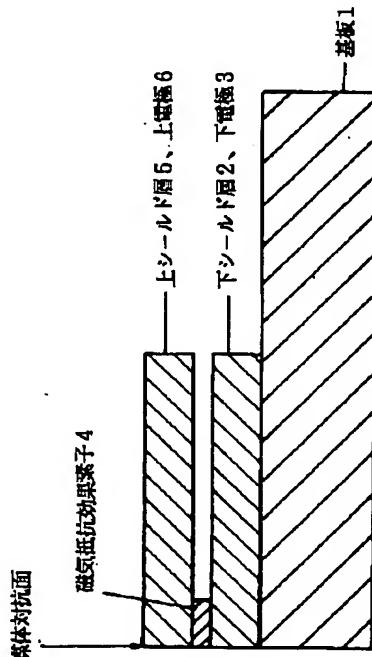
(71)出願人 000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号
(72)発明者 林一彦
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内
(74)代理人 100086759
弁理士 渡辺喜平
F ターム(参考) 2G017 AC01 AC06 AC08 AD55 AD63
AD65 BA15
5D034 BA03 BA05 BA08 BA15 BB08
5E049 AA04 AA09 AC00 AC01 AC05
BA12 BA16

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果センサ及びそれらを利用した装置

(57)【要約】

【課題】 非磁性層が平坦に作成することによって、抵抗変化率が高い磁気抵抗変化素子を提供すること、さらに、記録再生出力及びS/Nが高い磁気抵抗効果センサ及びシステムを提供することを目的とする。

【解決手段】 基板1上に下シールド層2、下電極層3、磁気抵抗効果素子4、上シールド層5、上電極層6、を積層させている。磁気抵抗効果素子4はPR工程により適当な大きさ及び形状にパターン化されており、その端部に接するように(後述する図4参照)あるいは一部接するように縦バイアス層7が配置されている。この磁気抵抗効果素子4は、自由磁性層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層、を基本構成とし、自由磁性層や固定磁性層がCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoFeTi、CoNbHf、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNiからなるアモルファス材料を用いている。その結果、非磁性層が平坦になり、抵抗変化率が向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも自由磁性層／非磁性非導電層／固定磁性層／固定させる層、を基本構成とするトンネル接合素子において、

前記自由磁性層もしくは前記固定磁性層の少なくとも一部に、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoFeTi、CoNbHf、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNiからなるアモルファス材料を用いることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 少なくとも固定させる層／固定磁性層／非磁性非導電層／自由磁性層を基本構成とするトンネル接合素子において、

前記自由磁性層もしくは前記固定磁性層の少なくとも一部に、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoFeTi、CoNbHf、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNiからなるアモルファス材料を用いることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 基板と、

前記基板上に積層され、バターン化された下シールド層と、

前記下シールド層上に積層され、バターン化された磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の端部に接するように積層されている縦バイアス層と、

前記基板上に積層された下電極層と、

前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果センサにおいて、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサ。

【請求項4】 基板と、前記基板上に積層され、バターン化された下シールド層と、

前記下シールド層上に積層され、バターン化された磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている縦バイアス層と、

前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている下電極層と、

前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果センサにおいて、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサ。

【請求項5】 磁気抵抗効果素子に対して絶縁層を介してヨークを配置したヨーク型磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とするヨーク型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項6】 磁気抵抗効果素子に対し、絶縁層を介してヨークを配置したフラックスガイド型磁気抵抗効果型センサにおいて、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサ。

10 【請求項7】 請求項3～6のいずれかに記載の磁気抵抗効果センサと、

前記磁気抵抗効果センサが検出する磁界の関数として、上記磁気抵抗効果センサの抵抗率変化を検出する手段と、

を備えたことを特徴とする磁気抵抗検出システム。

【請求項8】 データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記憶媒体と、

前記磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、

20 請求項7記載の磁気抵抗検出システムと、

前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムを、前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムとに機械的に結合されたアクチュエータ手段と、

を含むことを特徴とする磁気記憶システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気媒体に記録した情報信号を読み取るための磁気センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から、磁気抵抗センサ（MRセンサとも呼ばれる）または磁気抵抗ヘッド（MRヘッドとも呼ばれる）と呼ばれる磁気読み取り変換器が知られている。このようなMRセンサ等は、大きな線密度（線形密度）で磁性体の表面からデータを読み取れることが知られている。MRセンサは、感知される磁束の強度及び磁束の方向の関数として抵抗変化を生じる読みとり素子を利用し、抵抗変化として磁界信号を検出する。このような従来のMRセンサの上記読み取り素子は、その抵抗の1成分（1方向成分）が、その読みとり素子に印加される磁化の方向と、その素子中を流れる感知電流の方向がなす角度の余弦の2乗に比例して変化する。このような抵抗変化を生じる効果を異方性磁気抵抗（AMR）効果と呼ばれる。

【0003】 AMR効果のより詳しい説明は、D. A. トムソン（Thomson）等の論文“Memory, Storage, and Related Applications” IEEE Trans. on Mag. MAG-11, P.1039(1975)に記載されている。このようなAMR効果を用いた磁気ヘッドではバルクハウゼンノイ

ズを抑圧するために、縦バイアスを印加することが多い。そして、この縦バイアスを印加する材料として、FeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いる場合がある。

【0004】さらに最近においては、積層磁気センサの抵抗変化が、より顕著な磁気抵抗効果を生じる場合が知られている。この磁気抵抗効果は、非磁性層を挟んで位置する磁性層の間における電導電子のスピニ依存性伝送及びそれに付随する層界面でのスピニ依存性散乱に由来する。

【0005】このような磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピニ・バルブ効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗化を利用した磁気抵抗センサは適当な材料で形成されており、前述したAMR効果を利用したセンサより、感度が改善され、また抵抗変化が大きいことが知られている。このように改善されたMRセンサでは、非磁性層で分離された一对の強磁性体層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向のなす角度の余弦に比例して変化する。

【0006】1988年6月16日を優先日とする特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高いMR変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。また、この積層構造で使用可能な材料として、上記公報には強磁性の遷移金属及び合金が挙げられている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に、「固定させる層」を附加した構造及びこの固定させる層としてFeMnが適当であることが同号公報に開示されている。

【0007】1990年12月11日を優先日とする特開平4-358310号公報には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が0である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交するMRセンサが開示されている。このMRセンサは、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化し、センサ中を通る電流の方向とは独立である旨が、同号公報に開示されている。

【0008】1990年8月22日を優先日とする特開平4-103014号公報には、強磁性層に他の中間層を挿入して多層膜とした強磁性トンネル接合素子が示されている。この強磁性トンネル接合素子は、少なくとも一層の強磁性層に反強磁性体からのバイアス磁界が印加されていることを特徴とするものである。

【0009】また、トンネル接合素子の自由磁性層としてCo、固定磁性層としてNiFeを用いた例が、日本応用磁気学会学術講演概要集、1996年、135ページに記載されている。

【0010】さらに、特開平10-65232号公報には、強磁性膜に使用するCo系磁性合金として、CoにFe、Ni、Pd、Hf等のうち、1種または2種を添

加する技術について開示がなされている。

【0011】また、特開平10-135038号公報には、フリー磁性層にCoZrNb、CoZrMo、FeCoNb等を使用する技術が開示されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】トンネル接合素子において安定な磁気抵抗変化を実現するためには、非磁性層をより平坦に作成することが重要である。その理由は、非磁性層が平坦でない場合は、結果的に非磁性層の厚みにむらが発生し、その結果、リーケ電流が生じてしまうためである。このようリーケ電流の発生は、抵抗変化率の減少を引き起す。また、電流を流すことによって、膜厚の薄いところから破壊が起きやすく、耐電圧特性が劣る結果を招いてしまう。

【0013】さて、従来のトンネル接合素子は、自由磁性層及び固定磁性層にCoもしくはNiFeを用いていた。しかしながら、これらの材料は、結晶質であるために、最表面に結晶構造に対応したラフネスが生じることになる。そのため、例えば「自由磁性層／非磁性非導電層／固定磁性層／固定させる層」という構成を採用し、自由磁性層に上記材料を用いた場合は、自由磁性層と非磁性層との界面のラフネスにより非磁性層が十分に平坦に作成されないという問題点があった。また、「固定させる層／固定磁性層／非磁性非導電層／自由磁性層」という構成においても、固定磁性層に上記材料を用いると、同じ理由により非磁性層が十分に平坦に作成されなかつた。いずれの場合も、抵抗変化率もしくは耐圧性の低下を招いてしまう。

【0014】本発明は、非磁性層が平坦に作成することによって、抵抗変化率が高い磁気抵抗変化素子を提供することを目的とする。このような非磁性層を平坦にすることにより、抵抗変化率が高くなるとともに、耐電圧特性にも優れた磁気抵抗効果素子を実現することが可能である。

【0015】

【課題を解決するための手段】まず、請求項1に係る発明は、「自由磁性層／非磁性非導電層／固定磁性層／固定させる層」、を基本構成とするトンネル接合素子を基本的な前提としている。

【0016】そして、請求項1に係る発明においては、自由磁性層もしくは固定磁性層の少なくとも一部に、Co、または、NiFe、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoFeTi、CoNbHf、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合アモルファス磁性材料を用いたことを特徴とする。

【0017】これらの材料は、いずれもアモルファスもしくは結晶粒径の小さい結晶質であるので、成膜されても膜厚が均一であり表面のラフネスが小さい。そのため、これらの磁性層上に形成される非磁性層もラフネス

の小さな平坦な膜となり、結果として抵抗変化率が高く、耐電圧特性に優れる磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【0018】また、請求項2に示したように、「固定させる層／固定磁性層／非磁性非導電層／自由磁性層」を基本構成とするトンネル接合素子においても、同様に、自由磁性層もしくは固定磁性層の少なくとも一部に、上記材料を使用すれば、非磁性層のラフネスを小さくすることができ、請求項1に係る発明と同様の作用・効果を奏する。

【0019】また、これら請求項1、請求項2の発明に係る磁気抵抗効果素子を利用して磁気抵抗効果センサを構成すれば、磁気抵抗の変化の検出感度の向上したセンサが得られる。請求項3及び請求項4にこのようなセンサの発明が記載されている。

【0020】すなわち、請求項3に係る発明は、基板と、前記基板上に積層され、パターン化された下シールド層と、前記下シールド層上に積層され、パターン化された磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の端部に接するように積層されている縦バイアス層と、前記基板上に積層された下電極層と、前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサである。

【0021】請求項3にかかる発明は、シールド型磁気抵抗効果センサに関するものであるが、同様の原理をシールド型磁気抵抗効果センサに応用することも可能である。このような発明が、請求項4に記載されている。

【0022】すなわち、請求項4に係る発明は、基板と、前記基板上に積層され、パターン化された下シールド層と、前記下シールド層上に積層され、パターン化された磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている縦バイアス層と、前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている下電極層と、前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサである。

【0023】また、上記請求項1及び請求項2の磁気抵抗効果素子に対して、絶縁層を介してヨークを配置した構成とすることも可能である。このような構成を採用した発明が請求項5及び請求項6に記載されている。

【0024】すなわち、請求項5に係る発明は、磁気抵抗効果素子に対して絶縁層を介してヨークを配置したヨーク型磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とするヨーク型磁気抵抗効果ヘッドである。

る。

【0025】このヨーク型磁気抵抗効果ヘッドによれば、種々の磁気記録媒体に記録されたデータを高感度で読みとることが可能である。

【0026】また、請求項6に係る発明は、磁気抵抗効果素子に対し、絶縁層を介してヨークを配置したフラックスガイド型磁気抵抗効果型センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサである。

【0027】このフラックスガイド型磁気抵抗効果型センサによれば、フラックスの磁気変化を高感度で読みとることが可能である。

【0028】さて、上記請求項3、4、6の磁気抵抗効果センサを用いれば、高感度で磁気抵抗を検出することができるシステムを得られる。

【0029】請求項7に係る発明は、請求項3、4または6のいずれかに記載の磁気抵抗効果センサと、前記磁気抵抗効果センサが検出する磁界の閾値として、上記磁気抵抗効果センサの抵抗率変化を検出する手段と、を備えたことを特徴とする磁気抵抗検出システムである。

【0030】さらに、この磁気抵抗検出システムを用いれば、トラックを有する記憶媒体を用いて、大容量で、かつ、高速にデータの読み出しが可能な磁気記憶システムを構築することができる。

【0031】すなわち、請求項8に係る発明は、データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、請求項7記載の磁気抵抗検出システムと、前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムを、前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムとに機械的に結合されたアクチュエータ手段と、を含むことを特徴とする磁気記憶システムである。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0033】【実施の形態1】本発明を適用したシールド型磁気抵抗効果素子としては、例えば図1に示されているような形態が好ましい。図1は、本実施の形態1に係るシールド型磁気抵抗効果素子を垂直方向に切断した様子を表す縦方向の断面図である。

【0034】図1に示されている形態では、まず、基板1上に下シールド層2、下電極層3、磁気抵抗効果素子4、上シールド層5、上電極層6、を積層させている。磁気抵抗効果素子4はP R工程により適当な大きさ及び形状にパターン化されており、その端部に接するよう（後述する図4参照）あるいは一部接するよう（後述する図5参照）縦バイアス層7が配置されている。

【0035】下シールド層2と、下電極3との構成方法は種々考えられる。これらの構成を表す説明図が図2に示されている。図2(1)には、下電極3が下シールド層2の直上に形成されている例が示されている。また、図2(2)には、下電極3が下シールド層2の直下に形成されている例が示されている。また、図2(3)には、下電極3が下シールド層2の上に下ギャップ絶縁層100を介して形成されている例が示されている。また、図2(4)には、下電極3を下シールド層2とを兼用した場合の例が示されている。

【0036】また、上シールド層5と、上電極6との構成方法も種々考えられる。これらの構成を表す説明図が図3に示されている。図3(1)には、上シールド層5が、上電極6の直上に形成されている例が示されている。また、図3(2)には、上電極6が上シールド層5の直上に形成されている例が示されている。また、図3(3)には、上シールド層5が上電極6の上に上ギャップ絶縁層102を介して形成されている例が示されている。また、図3(4)には、上電極6を上シールド層5とを兼用した場合の例が示されている。

【0037】図4及び図5は、図1に示されているシールド型磁気抵抗効果素子の磁気抵抗効果素子4を中心とした平面図である。特に図4においては磁気抵抗効果素子4の端部に接するように縦バイアス層7が配置されており、図5においては磁気抵抗効果素子4の端部に一部接するように縦バイアス層7が配置されている。

【0038】図4のVI-VI線に沿った断面図が図6に示されている。この図に示されているように、下電極3上にパターン化された強磁性トンネル接合膜（磁気抵抗効果素子4）の端部に接するように、絶縁層104及び縦バイアス層7が配置されている。ここでは絶縁層104を介した例を示す。絶縁層104は、センス電流が縦バイアス層7を流れ、強磁性トンネル接合部（磁気抵抗効果素子4）を流れなくなることを防ぐ目的で設けられている。したがって、縦バイアス層7が非金属のように十分抵抗の高い材料である場合には、そのようなおそれは少ないため、絶縁層を形成することなく、直接に縦バイアス層7を形成することになる。

【0039】図5のVII-VII線に沿った断面図が図7に示されている。この図に示されているように、下電極3上には、パターン化された縦バイアス層7が設置されている。そして、この縦バイアス層7に一部乗り上げるようにパターン化された強磁性トンネル接合膜（磁気抵抗効果素子4）が配置される。さらにその上部には、パターン化された絶縁層104と上電極6とが順次積層されている。

【0040】図1に示されている形態の下シールド層2としては、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZr

Nb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.3~10μmの範囲で適用可能である。

【0041】下電極層3及び上電極層6としては、Zr、Ta、Moからなる単体もしくは合金もしくは混合物が望ましく、その膜厚範囲は0.01~0.10μmが好ましい。

【0042】縦バイアス層7としては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、IrMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、CrMn、Ni酸化物、鉄酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物／Co酸化物2層膜、Ni酸化物／Fe酸化物2層膜等を用いることができる。

【0043】上シールド層5としては、NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることが好ましく、その膜厚は0.3~10μmの範囲で適用可能である。

【0044】【実施の形態2】本発明を適用したヨーク型ヘッドの実施の形態の例が図8に示されている。

【0045】この図において、強磁性体の基板8には溝が形成され、この溝には非磁性絶縁体9が充填されている。強磁性体の基板8としては、例えば、NiZnフェライト、MnZnフェライト、MgZnフェライト等が使用され、非磁性絶縁体9には、例えば、アルミナ、SiO₂、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライカーボンが使用される。

【0046】この非磁性絶縁体9上には、下非磁性層10が設けられている。この下非磁性層10は、基板8の上面にも伸展している（図8参照）。

【0047】下非磁性層10の上面には、磁極13aと、電極12aと、上非磁性層11が隣接して設けられており、磁気抵抗効果素子4が、磁極13aと電極12aとの双方の上面に、双方にまたがるように設けられている。なお、磁気抵抗効果素子4の側面は図8に示されているように上非磁性層11に接している。

【0048】電極12aは、例えば、Auが好ましい。また、磁極13aは、例えば、NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトを採用することが好ましい。

【0049】また、図8の紙面に垂直な方向における磁気抵抗効果素子4の端部には、磁気抵抗効果素子磁区制

御用縦バイアス層が設けられている。この磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、磁気抵抗効果素子4に一部重なるか接するように設けられている。一部重なる場合の平面図が図4に、そしてその断面図が図6においてそれぞれ示されている。また、接する場合の平面図が図5に、そしてその断面図が図7においてそれぞれ示されている。

【0050】なお、磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、例えば、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni酸化物、NiCo酸化物、IrMn、PtPdMn、ReMn等を用いるのが好ましい。

【0051】なお、図8に示されているように、磁極13bが基板8から上非磁性層11を覆うように伸展し、磁気抵抗効果素子4まで到達するように設けられている。また、電極12bが磁気抵抗効果素子4の上面に設けられており、この電極12bの側面は磁極13bと接している。電極12aや磁極13bの材質は、上記電極12aや磁極13aと同様のものが好ましい。

【0052】【実施の形態3】本発明を適用したラックスガイド型ヘッドの構成図が図9に示されている。

【0053】基板20上には、下シールド21が設けられている。この下シールド21の上面には、電極22と、磁極23が隣接するように設けられている。

【0054】下シールド21は、例えば、NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoCrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライト等を用いるのが好ましい。

【0055】また、電極22aは、例えば、Auを用いるのが好ましく、磁極23aは、例えば、NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoCrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトを用いるのが好ましい。

【0056】そして、磁気抵抗効果素子4が、電極22a及び磁極23aの上面に双方にまたがるように形成されている。

【0057】磁気抵抗効果素子4の上面には、電極22bと磁極23bが設けられている。これら電極22bと磁極23bは、図9に示されているように、ともに磁気抵抗効果素子4の上面に接するように設けられている。

【0058】さらに、電極22bと磁極23bの上面には、上シールド24が形成されている。この上シールド

24は、例えば、NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトを用いるのが好ましい。

【0059】また、図9の紙面に垂直な方向における磁気抵抗効果素子4の端部には、磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層が設けられている。この磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、磁気抵抗効果素子4に一部重なるか接するように設けられている。一部重なる場合の平面図が図4に、そしてその断面図が図6においてそれぞれ示されている。また、接する場合の平面図が図5に、そしてその断面図が図7においてそれぞれ示されている。

【0060】磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、例えば、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni酸化物、NiCo酸化物、IrMn、PtPdMn、ReMnを用いるのが好ましい。

【0061】【実施の形態4】これらのシールド型素子、ヨーク型素子、及びラックスガイド型素子を用いて、インダクティブコイルによる書き込みヘッド部を形成することができる。このインダクティブコイルによる書き込みヘッド部は、記録再生一体型ヘッド（単に記録再生ヘッドとも呼ぶ）として用いることができる。

【0062】図10には記録再生ヘッドの概念図が示されている。記録再生ヘッドは、本発明の素子を用いた再生ヘッドと、インダクティブ型の記録ヘッドから構成されている。この図に示されている例は、長手磁気記録用の記録ヘッドとの搭載例を示したが、本発明の磁気抵抗効果素子を垂直磁気記録用ヘッドと組み合わせ、垂直記録に用いることも好ましい。

【0063】また、図10ではシールド型素子を例に説明するが、ヨーク型素子及びラックスガイド型素子を適用することもできる。図10において、ヘッドは、以下のよう構成を採用している。まず、基板（図示されていない）上に下シールド／下電極42が設けられている。下シールド／下電極42上には磁気抵抗効果素子45が設けられており、その上面には上シールド／上電極43が形成されている。これら磁気抵抗効果素子45と、上シールド／上電極43によって、再生ヘッドが形成されている。

【0064】また、磁極（図10では上シールド／上電極を兼ねている）43の上部には、コイル41が設けられており、その上に上磁極44が設けられている。これら磁極43と、コイル41と、上磁極44とから記録ヘッドが形成されている。

【0065】なお、上部シールド膜と下部磁性膜とを共

通の構造としても、また、別個に設けてもかまわない。【0066】このような構成のヘッドにより、記録媒体上に信号を書き込み、また、記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することで、記録媒体の同一トラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載する。

【0067】[実施の形態5] 図11には本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気記録再生装置の概念図が示されている。この図に示されているように、ヘッドスライダを兼ねている基板(図示せず)上に、下シールド/下電極52、磁気抵抗効果素子51及び上シールド/上電極50を順に形成し、ヘッドを構成している。

【0068】そして、このヘッドを、記録媒体53上に位置決めして再生を行う。記録媒体53は回転し、ヘッドスライダは記録媒体53の上を、 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下の高さ、あるいは接触状態で対向して相対運動する。この機構により、磁気抵抗効果素子51は記録媒体53に記録された磁気的信号を、その漏れ磁界54の強度から読み取ることのできる位置に設定されるのである。

【0069】[実施の形態6] 本発明に係る磁気抵抗効果素子としては以下の構成のものを用いることが好ましい。

【0070】(1) 基体/下地層/フリー磁性層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層/保護層

(2) 基体/下地層/フリー磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層/保護層

(3) 基体/下地層/フリー磁性層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/固定磁性層/固定させる層/保護層

(4) 基体/下地層/フリー磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/固定磁性層/固定させる層/保護層

(5) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/非磁性非導電層/フリー磁性層/保護層

(6) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/フリー磁性層/保護層

(7) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/フリー磁性層/保護層

(8) 基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/フリー磁性層/保護層

ここで、金属下地層としては、Zr、もしくはZrに他元素を添加した材料、を用いることが好ましい。添加元素としてはTa、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Nb、V等が適当である。

【0071】フリー磁性層としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることが好ましい。

10 【0072】非磁性層としては、金属、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属/酸化物2層膜、金属/窒化物2層膜、金属/(酸化物と窒化物との混合物)2層膜、を用いるのが好ましい。

【0073】この2層膜は、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、または、Si、Al、Ti、Taのグループからなる酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物、またはTa、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Nb、V、Yのグループの少なくとも1つの元素からなる、単体もしくは合金を上記酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物と組み合わせた2層膜が好ましく、実際に利用する場合の有力な候補となるであろう。

【0074】第1及び第2MRエンハンス層としてはCo、NiFeCo、FeCo等、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いる。

30 【0075】また、MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0076】固定磁性層としては、Co、Ni、Feをベースにするグループからなる単体、合金、または積層膜を用いるのが好ましい。

【0077】固定させる層としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜、CoCr、CoCrPt、CoCrTa、PtCoなどを用いることが好ましい。特に、PtMnもしくはPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料は実際に装置を製造する際の有力な候補となるであろう。

【0078】保護層としては、金属、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／(酸化物と窒化物との混合物)2層膜、を用いるのが好ましい。

【0079】この2層膜は、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、または、Si、Al、Ti、Taのグループからなる酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物、またはTa、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、V、Yのグループの少なくとも1つの元素からなる、単体もしくは合金を上記酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物と組み合わせた2層膜が好ましく、実際に機器を構成する際の有力な候補となるであろう。

【0080】数値による実施例

以下、磁気抵抗効果素子の構成について実際の数値に基づき説明する。

【0081】【実施例1】ガラス基板/Ta(3nm)/自由磁性層(8nm)/Al酸化物(2nm)/Ni₈₂Fe₁₈(3nm)/Pt₄6Mn₅4(25nm)/Ta(3nm)という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した結果を示す。

【0082】作成には、DCマグネットロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が2×10⁻⁹Torrの真空チャンバー内において4×10⁻⁴Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、5000eの直流磁界において、250°C、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を以下の表1に示す。

【0083】

【表1】

自由磁性層種類	MR比(%)
Co	14
Ni ₈₂ Fe ₁₈	9
Co ₈₄ Fe ₉ B ₇	18
Co ₈₂ Zr ₉ Mo ₉	16
Co ₉₂ Zr ₆ Nb ₂	19
Co ₉₈ Zr ₇	15
Co ₉₂ Zr ₄ Ta ₄	16
Co ₉₆ Hf ₄	16
Co ₉₅ Ta ₅	17
Co ₉₅ Ta ₈ Hf ₂	18
Co ₈₆ Fe ₁₀ Ti ₄	17
Co ₉₁ Nb ₇ Hf ₇	17
Co ₉₅ Hf ₈ Pd ₂	16
Co ₉₂ Ta ₁ Zr ₁ Nb ₆	17
Co ₉₂ Zr ₆ Mo ₁ Ni ₁	17

【0084】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合は従来の例に相当するが、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【0085】【実施例2】MR比が高い理由を調べる目的で、ガラス基板/Ta(3nm)/自由磁性層(8nm)という膜を作成し、表面のラフネスをAFMにより観測した。表面ラフネスは膜の平均粗さRaで示す(後述する表2参照)。また、ガラス基板/Ta(3nm)/自由磁性層(8nm)/Al酸化物(2nm)と

30 いう膜も作成し、自由磁性層とAl酸化物の界面ラフネスをX線反射率測定装置により観測した。X線反射率測定とは、サンプル表面に極低角度に入力させたときに発生する全反射臨界角度以降のX線プロファイルを解析するものである。これらの解析により、膜厚、界面ラフネス、密度等の情報を得ることが可能になる。得られたX線プロファイル情報をシミュレーションフィッティングすることにより、反射係数の実数項と虚数項、すなわち密度、吸収等の物質定数を得ることができる方法である。AFMによる表面ラフネス及びX線による界面ラフネスの測定結果を表2に示す。

【0086】

【表2】

自由磁性層種類	表面粗さ (nm)	界面粗さ (nm)
Co	1	1.2
Ni82Fe18	0.8	0.9
Co84Fe9B7	0.2	0.2
Co82Zr9Mo9	0.1	0.2
Co92Zr6Nb2	0.1	0.2

【0087】自由磁性層にCoやNiFeを用いた場合と比較して、CoFeB、CoZrNb、及びCoZrMoは表面ラフネス及び界面ラフネスが格段にフラットであることがわかる。これらの材料はアモルファスもしくは微結晶であることが知られており、このことが表面及び界面ラフネスのフラット化に寄与しているものと思われる。そして自由磁性層とAl酸化物層との界面のフラットさが、Al酸化物層の膜厚の均一性に寄与し、結果的にAl酸化物層におけるリーク電流が低減されるところから、MR比が向上するものと考察される。上記表1に示した他の材料もアモルファスもしくは微結晶であることが知られており、上記表2では測定はしなかったが自由磁性層とAl酸化物層との界面の平坦性が同様にMR比の向上に寄与しているものと考えられる。

【0088】[実施例3] 次に、ガラス基板/Ta(3 nm)/自由磁性層(8 nm)/Co90Fe10(2 nm)/Al酸化物(2 nm)/Ni82Fe18(3 nm)/Pt46Mn54(25 nm)/Ta(3 nm)という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0089】作成にはDCマグнетロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、5000Oeの直流磁界中において、250°C、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表3に示す。

【0090】

【表3】

20

自由磁性層種類	MR比 (%)
Co	14
Ni82Fe18	13
Co84Fe9B7	24
Co82Zr9Mo9	23
Co92Zr6Nb2	24
Co98Zr7	22
Co92Zr4Ta4	21
Co96Hf4	21
Co95Ta5	20
Co95Ta8Hf2	22
Co86Fe10Ti4	23
Co91Nb7Hf7	23
Co95Hf8Pd2	22
Co92Ta1Zr1Nb6	21
Co92Zr6Mo1Ni1	21

【0091】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合は従来の例に相当するが、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【実施例4】次に、ガラス基板/Ta(3 nm)/Pt46Mn54(25 nm)/固定磁性層(5 nm)/Co90Fe10/Al酸化物(2 nm)/Co90Fe10(2 nm)/自由磁性層(3 nm)/Ta(3 nm)という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0092】作成にはDCマグネットロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、5000Oeの直流磁界中において、250°C、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表4に示す。

【0093】

【表4】

40

自由磁性層種類	固定磁性層種類	MR比 (%)
Co	Ni82Fe18	13
Co84Fe9B7	Co84Fe9B7	23
Co84Fe9B7	Co82Zr9Mo9	22
Co84Fe9B7	Co92Zr6Nb2	22
Co82Zr9Mo9	Co84Fe9B7	23
Co82Zr9Mo9	Co82Zr9Mo9	22
Co82Zr9Mo9	Co92Zr6Nb2	24
Co92Zr6Nb2	Co84Fe9B7	22
Co92Zr6Nb2	Co82Zr9Mo9	22
Co92Zr6Nb2	Co92Zr6Nb2	22

【0094】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合が従来の例に相当し、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【実施例5】次に、ガラス基板/Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/固定磁性層(5nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Ni82Fe18(3nm)/Ta(3nm)という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0095】作成にはDCマグネットロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、5000eVの直流磁界中において、250°C、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表5に示す。

【0096】

【表5】

自由磁性層種類	MR比 (%)
Co	15
Ni82Fe18	10
Co84Fe9B7	17
Co82Zr9Mo9	18
Co92Zr6Nb2	17
Co98Zr7	16
Co92Zr4Ta4	17
Co96Hf4	16
Co95Ta5	16
Co95Ta3Hf2	17
Co86Fe10Ti4	16
Co91Nb7Hf7	18
Co95Hf3Pd2	17
Co92Ta1Zr1Nb6	17
Co92Zr6Mo1Ni1	17

【0097】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合が従来の例に相当し、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【実施例6】次に、ガラス基板/Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/固定磁性層(5nm)/Co90Fe10(2nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/自由磁性層(3nm)/Ta(3nm)という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0098】作成にはDCマグネットロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、5000eVの直流磁界中にお

いて、250°C、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表6に示す。

* 【0099】
* 【表6】

自由磁性層種類	固定磁性層種類	MR比 (%)
Co	Ni82Fe18	14
Co84Fe9B7	Co84Fe9B7	24
Co84Fe9B7	Co82Zr9Mo9	25
Co84Fe9B7	Co92Zr6Nb2	24
Co82Zr9Mo9	Co84Fe9B7	23
Co82Zr9Mo9	Co82Zr9Mo9	24
Co82Zr9Mo9	Co92Zr6Nb2	23
Co92Zr6Nb2	Co84Fe9B7	25
Co92Zr6Nb2	Co82Zr9Mo9	24
Co92Zr6Nb2	Co92Zr6Nb2	24

【0100】この実験結果において、自由磁性層及び固定磁性層がCoの場合が従来の例に相当し、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【0101】【実施の形態7】図1に示したタイプのシールド型素子に本発明の磁気抵抗効果素子を適用した。このとき、下シールド層としてはNiFeを用いた。磁気抵抗効果膜としては、/Ta(3 nm)/Pt46Mn54(25 nm)/Co92Zr6Nb2(5 nm)/Co90Fe10(2 nm)/Al酸化物(2 nm)/Co90Fe10(2 nm)/Co92Zr6Nb2/Ta(3 nm)を用いた。膜形成後には250°C、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜はフォトレジスト工程により1×1μmの大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。上シールド層としてはNiFeを用いた。このヘッドを図10のような記録再生一体型ヘッドに加工及びスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は1.0μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250°C、2時間とした。この工程により、本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として動作しなくなったので、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、200°C、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は2.4mV、S/Nは29dB、再生出力が半減するマーク長(周波数)は239

kFCI、ピットエラーレートは10^-6以下であった。また、再生波形の対称性も良好であった。

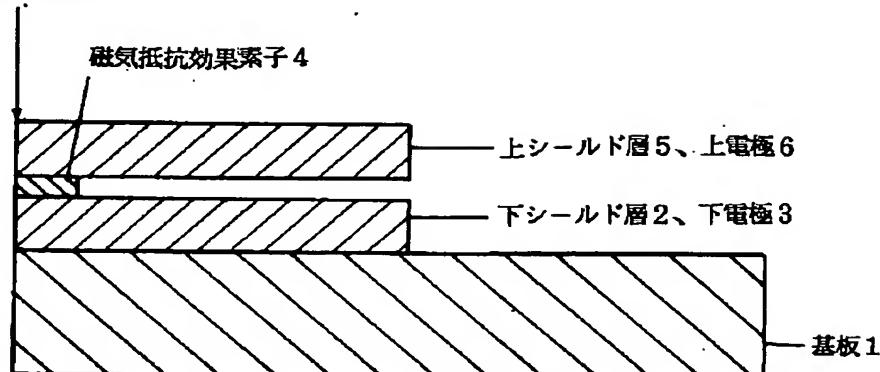
【0102】【実施の形態8】図8に示したタイプのヨーク型素子における磁気抵抗効果素子に本発明の磁気抵抗効果素子を適用した。このとき、基体にはMnZnフェライト、非磁性絶縁体には酸化Si、下非磁性層及び上非磁性層にはAl酸化物、電極にはAu、磁極にはTa(3 nm)とNiFe(10 nm)とを交互に積層してトータルの厚みを200nmにした膜を用いた。磁気抵抗効果膜としては、/Ta(3 nm)/Pt46Mn54(25 nm)/Co82Zr9Mo9(5 nm)/Co90Fe10(2 nm)/Al酸化物(2 nm)/Co90Fe10(2 nm)/Co82Zr9Mo9(3 nm)/Ta(3 nm)を用いた。膜形成後には250°C、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜は、フォトレジスト工程により1×1μmの大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。このヘッドを図10のような記録再生一体型ヘッドに加工及びスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は1.0μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250°C、2時間とした。この工程により、本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として動作しなくなったので、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、200°C、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は3.1

2 2 電極
2 3 磁極
2 4 上シールド
4 1 コイル
4 2 下シールド／下電極
4 3 上シールド／上電極／磁極
4 4 上磁極

* 4 5 磁気抵抗効果素子
4 6 A B S面
5 0 上シールド／上電極
5 1 磁気抵抗効果素子
5 2 下シールド
5 3 記録媒体
* 5 4 媒体からの漏れ磁界

【図1】

媒体対抗面

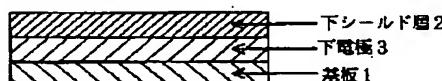


【図2】

(1) 下電極が下シールドの直上に形成した場合



(2) 下電極が下シールドの直上に形成した場合



(3) 下電極が下シールドの上にギャップ層を介して形成した場合

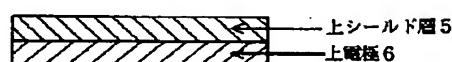


(4) 下電極と下シールドとを兼用した場合



【図3】

(1) 上シールドが上電極の直上に形成した場合



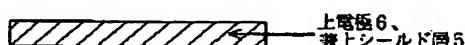
(2) 上電極が上シールドの直上に形成した場合



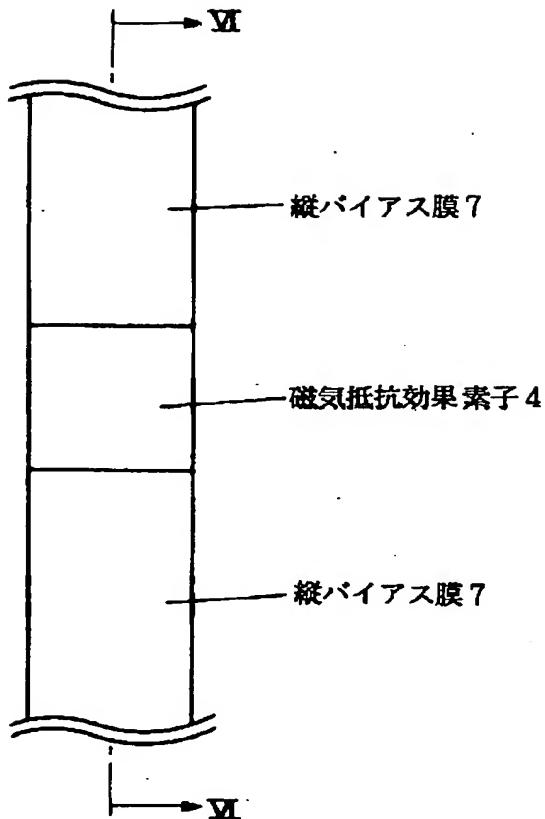
(3) 上シールドが上電極の上にギャップ層を介して形成した場合



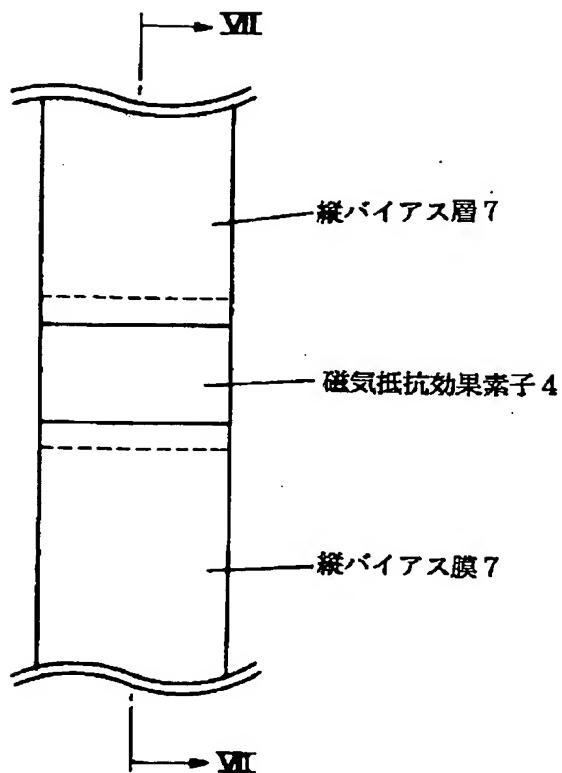
(4) 上電極と上シールドとを兼用した場合



【図4】



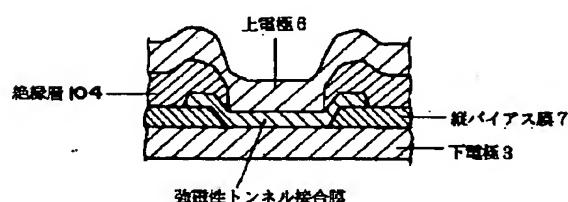
【図5】



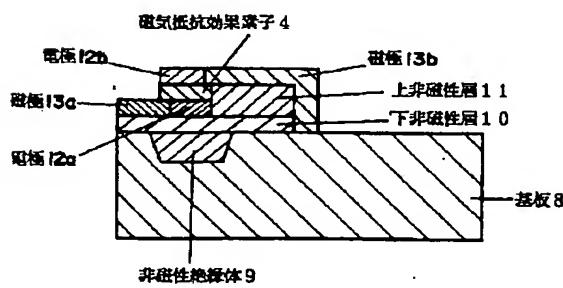
【図6】



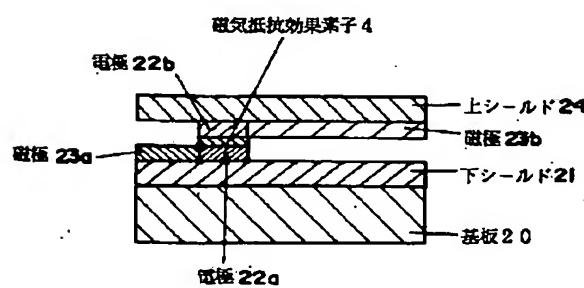
【図7】



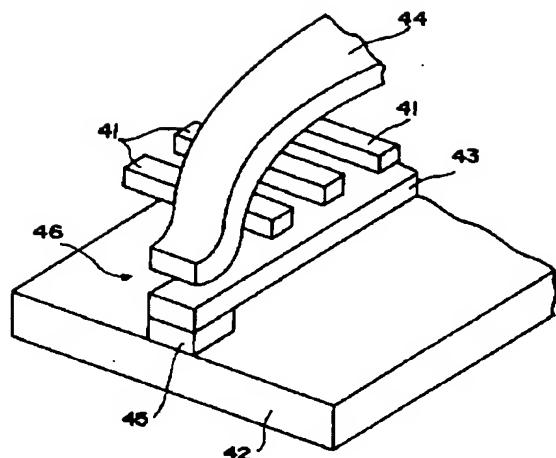
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

